

# Device for setting the differential pressure in a fluid cylinder

**Patent number:** DE10021744  
**Publication date:** 2001-11-15  
**Inventor:** ARBTER JUERGEN (DE);  
HAEGELE HANS-PETER (DE)  
**Applicant:** FESTO AG & CO (DE)  
**Classification:**  
- **international:** F15B15/22; F15B11/08;  
B23K37/02  
- **European:** F15B9/09; F15B11/028  
**Application number:** DE20001021744 20000504  
**Priority number(s):** DE20001021744 20000504

**Also published as:**

EP1152155 (A2)  
EP1152155 (A3)

Abstract not available for DE10021744

Abstract of corresponding document: **EP1152155**

The device has a proportional valve arrangement (15), a pressure regulator (17) subjected to actual and demanded (SW1) pressure difference values for regulating the valve arrangement and an arrangement for detecting the speed of the piston (11) in the fluid cylinder (10), whereby the actual speed value (v) can be fed to the control loop as an influencing parameter to reduce the pressure difference.

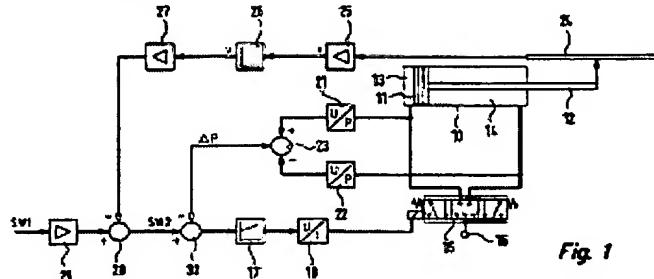


Fig. 1

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

# Offenlegungsschrift

⑯ DE 100 21 744 A 1

⑯ Int. Cl. 7:  
F 15 B 15/22  
F 15 B 11/08  
// B23K 37/02

⑯ Aktenzeichen: 100 21 744.3  
⑯ Anmeldetag: 4. 5. 2000  
⑯ Offenlegungstag: 15. 11. 2001

⑯ Anmelder:  
FESTO AG & Co., 73734 Esslingen, DE  
⑯ Vertreter:  
Patentanwälte Magenbauer, Reimold, Vetter & Abel, 73730 Esslingen

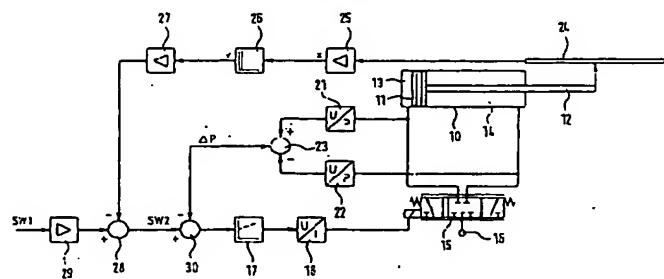
⑯ Erfinder:  
Arbter, Jürgen, 71334 Waiblingen, DE; Hägele, Hans-Peter, 73770 Denkendorf, DE  
⑯ Entgegenhaltungen:  
DE 198 01 338 C1  
DE 37 08 489 A1

## Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ Vorrichtung zur Einstellung des Differenzdrucks in einem Fluidzylinder

⑯ Es wird eine Vorrichtung zur Erfassung des Differenzdrucks in den Kammern (13, 14) eines Fluidzylinders (10) mittels einer Proportionalventilanordnung (15) vorgeschlagen. Dabei dient ein durch einen Differenzdruck-Sollwert (SW1 bzw. SW2) und einen Differenzdruck-Istwert ( $\Delta P$ ) beaufschlagbarer Druckregler (17) zur Regelung der Proportionalventilanordnung (15). Weiterhin sind Mittel zur Erfassung der Geschwindigkeit des Kolbens (11) im Fluidzylinder (10) vorgesehen, wobei der Geschwindigkeits-Istwert ( $v$ ) als Einflußgröße zur Verringerung des Differenzdrucks dem Regelkreis zuführbar ist. Hierdurch wird in einfacher Weise erreicht, daß sofort ein von der gewünschten aufzubringenden Kraft abhängiger Differenzdruck-Sollwert (SW1) vorgegeben werden kann und dennoch die Bewegungsgeschwindigkeit des Kolbens (11) bzw. der Kolbenstange (12) in gewünschter Weise begrenzt werden kann, um einen zu heftigen Aufprall zu verhindern.



## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Einstellung des Differenzdrucks in den Kammern eines Fluidzylinders mittels einer Proportionalventilanordnung, durch die die Bewegungsgeschwindigkeit des Kolbens des Fluidzylinders beeinflußt werden kann.

[0002] Mittels eines Reglers wird in Abhängigkeit des Wegs ein Geschwindigkeitsprofil in Abhängigkeit eines vorgegebenen Soll-Geschwindigkeitsprofils vorgegeben. Bei dieser bekannten Anordnung kommt es lediglich auf den Bewegungsaufbau an, während die Ausübung einer Kraft durch die Kolbenstange keine Rolle spielt, so daß entsprechende Einrichtungen hierzu fehlten.

[0003] Bei bestimmten Anwendungen muß jedoch durch einen Fluidzylinder eine definierte Kraft aufgebracht werden, beispielsweise beim Ultraschallschweißen, Punktschweißen, Pressen, Fügen od. dgl. Diese Kraft kann über den Differenzdruck in den beiden Zylinderkammern vorgegeben werden. Würde man den für die definierte Kraft in der Endlage erforderlichen Differenzdruck sofort vorgeben, so würde der Kolben bei hoher Kraft mit viel zu hoher Geschwindigkeit bewegt werden und würde mit zu hoher Geschwindigkeit auf diejenige Stelle aufprallen, an der der Druck ausgeübt werden soll.

[0004] Um einen solchen Aufprall zu vermeiden, ist es bereits aus der DE 37 08 989 C2 bekannt, den Kolben bei Erreichen einer bestimmten Position vor der Endlage durch Umschalten auf einen geringeren Differenzdruck abzubremsen. Das Erreichen der Endlage wird durch einen Differenzdrucksensor erkannt, und dieser leitet dann einen erneuten Druckaufbau ein, um die erforderliche Kraft an der zu bearbeitenden Stelle aufzubringen. Diese bekannte Anordnung ist relativ aufwendig und benötigt eine Vielzahl von Ventilen und Drosseln sowie eine entsprechend aufwendige Steuerung bzw. Regelung.

[0005] Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, mit einer einfacheren Regelung und einer einfacheren und kostengünstigeren Ventilanordnung eine bestimmte Kraftausübung durch den Kolben in der Endposition vorzugeben und dabei die Kolbengeschwindigkeit so zu verringern, daß ein zu heftiger Aufprall in der Endposition vermieden wird.

[0006]. Diese Aufgabe wird erfundungsgemäß durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

[0007] In vorteilhafter Weise kann dem Regler direkt ein Differenzdruck als Sollwert vorgegeben werden, durch den die gewünschte Kraftausübung in der Endposition erreicht wird. Durch Überlagerung der Regelung mittels eines geschwindigkeitsabhängigen Werts verringert dieser während der Bewegung automatisch den Differenzdruck und beendet seine Wirkung in der Endposition, da dort die Kolbengeschwindigkeit zu Null wird. Dabei kann durch den Einfluß des Geschwindigkeits-Istwerts, also quasi durch einen überlagerten Regelkreis, eine beliebig einstellbare Geschwindigkeitskontrolle bzw. Geschwindigkeit erreicht werden, indem während der Bewegung automatisch ein um einen geschwindigkeitsabhängigen Anteil reduzierter Drucksollwert vorgegeben wird. Dieser bewirkt, daß der Antrieb langsam mit konstanter Geschwindigkeit ausfährt, wobei erst bei Erreichen der Endlage der gewünschte Differenzdruck in Abhängigkeit des Differenzdruck-Sollwerts vorgegeben wird.

[0008] Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen der im Anspruch 1 angegebenen Vorrichtung möglich.

[0009] Zur Bildung des Geschwindigkeits-Istwerts wird

vorzugsweise eine einfache Positionsmeßvorrichtung für den Kolben herangezogen, dessen Positions-Istwert durch eine Differenzierstufe in einen Geschwindigkeits-Istwert umgesetzt wird.

[0010] Zur Verringerung des Differenzdrucks während der Bewegung dient zweckmäßigerweise eine Subtrahieranordnung, durch die der Differenz-Sollwert oder die Regelabweichung um den Geschwindigkeits-Istwert oder um einen von diesem abhängigen Wert verringert wird.

[0011] Der Differenzdruck-Istwert kann in einfacher Weise ebenfalls mittels einer Subtrahieranordnung aus den Meßgrößen zweier Drucksensoren zur Erfassung des Drucks in den Kammern des Fluidzylinders gebildet werden, wobei alternativ hierzu auch ein einziger Differenzdrucksensor verwendet werden kann.

[0012] Die Proportionalventilanordnung kann im einfachsten Falle durch ein einziges Proportionalventil realisiert werden, das beispielsweise als 5/3-Wegeventil ausgebildet ist. Alternativ hierzu können prinzipiell auch zwei 3/3-Wegeventile verwendet werden..

[0013] In einer alternativen Ausgestaltung kann als Proportionalventilanordnung auch ein mit der einen Zylinderkammer verbundenes 3/3-Proportional-Wegeventil und ein mit der anderen Zylinderkammer verbundenes 3/2-Schaltventil vorgesehen sein. Bei dieser Ausgestaltung ist der Referenzdruck immer der Umgebungsdruck oder der Druck einer Druckquelle, die am Schaltventil anliegen, so daß ein einziger Drucksensor oder Druck-Spannungs-Wandler ausreichend ist, um indirekt den Differenzdruck zu erfassen.

[0014] Zwei Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

[0015] Fig. 1 ein Blockschaltbild des ersten Ausführungsbeispiels mit einem 5/3-Proportional-Wegeventil und

[0016] Fig. 2 ein Teilblockschaltbild des zweiten Ausführungsbeispiels mit einem 3/3-Proportional-Wegeventil und einem 3/2-Schaltventil.

[0017] In Fig. 1 ist schematisch ein Fluidzylinder 10, beispielsweise ein Pneumatik- oder Hydraulikzylinder, mit einem Kolben 11 und einer Kolbenstange 12 dargestellt. Der Fluidzylinder 10 dient beispielsweise als Stellglied zur Ausübung einer vorgebaren Kraft mittels der Kolbenstange 12, wie dies insbesondere beim Ultraschallschweißen, Punktschweißen, Pressen, Fügen od. dgl. benötigt wird.

[0018] Die beiden Zylinderkammern 13, 14 können je nach Bewegungsrichtung des Kolbens 11 mittels eines als Proportionalventil ausgebildeten 5/3-Wegeventils 15 mit einer Druckquelle 16 verbunden werden. Durch entsprechende Einstellung des 5/3-Wegeventils 15 kann ein gewünschter Differenzdruck in den Zylinderkammern 13, 14 vorgegeben werden.

[0019] Alternativ zu einem 5/3-Wegeventil können auch andere Proportionalventilanordnungen eingesetzt werden, beispielsweise zwei 3/3-Wegeventile.

[0020] Zur Einstellung des Differenzdrucks bzw. Ansteuerung des 5/3-Wegeventils 15 dient ein Regelkreis. Einem Druckregler 17 dieses Regelkreises wird als Differenzdruck-Istwert  $\Delta P$  die Differenz zwischen den Druckwerten in den beiden Zylinderkammern 13, 14 und als Differenzdruck-Sollwert SW1 der in der End- bzw. Anlageposition der Kolbenstange gewünschte Differenzdruckwert zugeführt. Der Druckregler 17 regelt über einen Spannung-Strom-Wandler 18 das 5/3-Wegeventil 15.

[0021] Zur Erfassung der Druckwerte in den beiden Zylinderkammern 13, 14 dienen Druck-Spannungs-Wandler 21, 22, die im Ausführungsbeispiel an die Zuleitungen zu den beiden Zylinderkammern 13, 14 angeschlossen sind, die jedoch auch direkt an diesen Zylinderkammern angeordnet

sein können und beispielsweise als Drucksensoren ausgebildet sind. Die Ausgangssignale dieser Druck-Spannungs-Wandler 21, 22 werden in einer Subtrahierstufe 23 zur Bildung des Differenz-Sollwerts  $\Delta P$  verknüpft. Alternativ hierzu kann auch ein Differenzdrucksensor bzw. ein Differenzdruck-Spannungs-Wandler eingesetzt werden, so daß die Subtrahierstufe 23 entfallen kann.

[0022] Dem Fluidzylinder 10 ist eine Positionsmeßvorrichtung 24 zur Erfassung der Kolbenposition bzw. Kolbenstangenposition zugeordnet. Das in einer Verstärkerstufe 25 verstärkte Positionssignal  $x$  wird in einer Differenzierstufe 26 zur Bildung des Geschwindigkeits-Istwerts  $v$  des Kolbens bzw. der Kolbenstange differenziert und anschließend in einer weiteren Verstärkerstufe 27 verstärkt. Die Verstärkerstufen 25, 27 können alternativ oder zusätzlich auch als Signalaufbereitungsstufen ausgebildet sein, in denen auch vom Positionswert oder Geschwindigkeitswert gemäß vorgegebenen Funktionen abhängige Werte gebildet werden können.

[0023] Der am Ausgang der Verstärkerstufe 27 anliegende Geschwindigkeits-Istwert wird in einer Subtrahierstufe 28 vom vorgegebenen Differenzdruck-Sollwert SW1 abgezogen. Dieser Differenzdruck-Sollwert SW1 wird ebenfalls in einer Verstärkerstufe 29 verstärkt und/oder aufbereitet. Der durch den Geschwindigkeits-Istwert modifizierte Differenzdruck-Sollwert SW2 wird in einer weiteren Subtrahierstufe 30 mit dem Differenzdruck-Istwert  $\Delta P$  verglichen, und eine sich daraus ergebende Regelabweichung wird dem Druckregler 17 zugeführt. Wird nun ein Differenzdruck-Sollwert SW1 vorgegeben, so wird zunächst ein entsprechender Differenzdruck in den Zylinderkammern 13, 14 aufgebaut. Hierdurch bewegt sich der Kolben 11 in der gewünschten Richtung zu derjenigen Stelle hin, an der eine dem Differenzdruck entsprechende Kraft ausgeübt werden soll. Infolge der Bewegung des Kolbens 11 wird ein Geschwindigkeits-Istwert  $v$  gebildet, durch den ein um einen geschwindigkeitsabhängigen Teil reduzierter Differenzdruck-Sollwert SW2 gebildet wird. Dieser bewirkt, daß der Kolben 11 langsamer mit konstanter Geschwindigkeit ausfährt und so einen zu heftigen Aufprall in der Arbeitsposition vermeidet. Erreicht der Antrieb seine Endlage bzw. erreicht die Kolbenstange 12 diejenige Arbeitsposition, in der die gewünschte Kraft ausgeübt werden soll, so wird die Geschwindigkeit zu Null, und die Sollwerte SW1 und SW2 sind identisch. Es wird somit von der Kolbenstange eine Kraft ausgeübt, die dem ursprünglich angelegten Differenzdruck-Sollwert SW1 entspricht.

[0024] Durch die Verstärkerstufen 25 und/oder 27 läßt sich der Einfluß der Geschwindigkeit auf die Bewegung einstellen, das heißt, die Geschwindigkeit kann im wesentlichen unabhängig vom Differenzdruck-Sollwert SW1 in beliebiger Weise vorgegeben werden, wobei auch nicht-lineare Funktionen vom Weg möglich sind.

[0025] Anstelle der beiden Subtrahierstufen 28, 30 kann selbstverständlich auch eine einzige Subtrahierstufe treten, in der die entsprechenden Subtrahievorgänge bzw. Vergleichsvorgänge ausgeführt werden. Weiterhin kann alternativ auch zunächst die Differenz zwischen dem Differenzdruck-Sollwert SW1 und dem Differenzdruck-Istwert  $\Delta P$  gebildet werden, wobei dann anschließend ein vom Geschwindigkeits-Istwert abhängiger Wert abgezogen wird.

[0026] Bei dem in Fig. 2 dargestellten zweiten Ausführungsbeispiel sind gleiche oder gleichwirkende Bauteile und Baugruppen mit denselben Bezeichnungen versehen und nicht nochmals beschrieben. Anstelle des als Proportionalventil ausgebildeten 5/3-Wegeventils 15 treten hier ein als Proportionalventil ausgebildetes 3/3-Wegeventil 31 sowie ein 3/2-Schaltventil 32. Das 3/3-Wegeventil 31 ist zwischen

der ersten Zylinderkammer 13 und der Druckquelle 16 sowie einem Auslaß 33 geschaltet, während das 3/2-Schaltventil 32 entsprechend an die zweite Zylinderkammer 14 angeschlossen ist. Da das 3/2-Schaltventil 32 die zweite Zylinderkammer 14 immer entweder mit dem Auslaß 33, also dem Umgebungsdruck, oder mit der Druckquelle 16 verbunden, herrschen in dieser zweiten Zylinderkammer 14 immer definierte Druckverhältnisse. Zur Erfassung des Differenzdrucks genügt daher ein einziger Druck-Spannungs-Wandler 21, der an der Verbindungsleitung zwischen der ersten Zylinderkammer 13 und dem 3/3-Wegeventil 31 oder direkt an der Zylinderkammer 13 angeschlossen ist. Auch ein entsprechender Drucksensor kann selbstverständlich vorgesehen sein.

[0027] Durch Ausgänge des Spannungs-Strom-Wandlers 18 werden die beiden Ventile 31, 32 gegensinnig gesteuert, das heißt, wenn durch das 3/3-Wegeventil 31 eine Druckbeaufschlagung der Zylinderkammer 13 erfolgt, so ist das 3/2-Schaltventil mit dem Auslaß 33 verbunden, und wenn das 3/2-Schaltventil 32 mit der Druckquelle 16 verbunden wird, so ist das 3/3-Wegeventil 31 mit dem Auslaß 33 verbunden. Die Bestimmung des Differenzdrucks kann in einer gesonderten Funktionsstufe oder in einer vorhandenen Stufe erfolgen, beispielsweise im Druck-Spannungs-Wandler 21.

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Einstellung des Differenzdrucks in den Kammern (13, 14) eines Fluidzylinders (10) mittels einer Proportionalventilanordnung (15; 31, 32), mit einem durch einen Differenzdruck-Sollwert (SW1) und einem Differenzdruck-Istwert ( $\Delta P$ ) beaufschlagbaren Druckregler (17) zur Regelung der Proportionalventilanordnung (15; 31, 32), und mit Mitteln zur Erfassung der Geschwindigkeit des Kolbens (11) im Fluidzylinder (10), wobei der Geschwindigkeits-Istwert ( $v$ ) als Einflußgröße zur Verringerung des Differenzdrucks dem Regelkreis zuführbar ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine Positionsmessvorrichtung (24) für den Kolben (11) und eine den Positions-Istwert ( $x$ ) in einen Geschwindigkeits-Istwert ( $v$ ) umsetzende Differenzierstufe (26) vorgesehen ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß eine den Differenzdruck-Sollwert (SW1) oder die Regelabweichung um den Geschwindigkeits-Istwert ( $v$ ) oder einen von diesem abhängigen Wert verringern Subtrahieranordnung (28) vorgesehen ist.
4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Subtrahieranordnung (23) zur Bildung des Differenzdruck-Istwerts ( $\Delta P$ ) aus den Meßgrößen zweier Drucksensoren oder Druck-Spannungs-Wandler (21, 22) zur Erfassung des Drucks in den Kammern (13, 14) des Fluidzylinders (10) vorgesehen ist.
5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß dem Druckregler (17) ein Spannung-Strom-Wandler (18) nachgeschaltet ist.
6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Proportionalventilanordnung (15) als mit den beiden Zylinderkammern (13, 14) verbundenes 5/3-Proportional-Wegeventil ausgebildet ist.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß als Proportionalventilanordnung ein mit der einen Zylinderkammer (13) ver-

bundenes 3/3-Proportional-Wegeventil (31) und ein mit der anderen Zylinderkammer (14) verbundenes 3/2-Schaltventil (32) vorgesehen sind.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß nur ein Drucksensor oder Druck-Spannungs-Wandler (21) zur Erfassung des Drucks in der mit dem 3/3-Proportional-Wegeventil (31) verbundenen Zylinderkammer (14) vorgesehen ist. 5

9. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß Verstärker- und/oder Funktionsstufen zur 10 funktionalen Beeinflussung des Geschwindigkeits-Istwerts und/oder des Differenzdruck-Sollwerts (SW1) vorgesehen ist.

10: Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Fluidzylinder (10) als eine vorgebbare Kraft ausübbares Stellglied ausgebildet ist, insbesondere für die Fügetechnik. 15

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

20

25

30

35

40

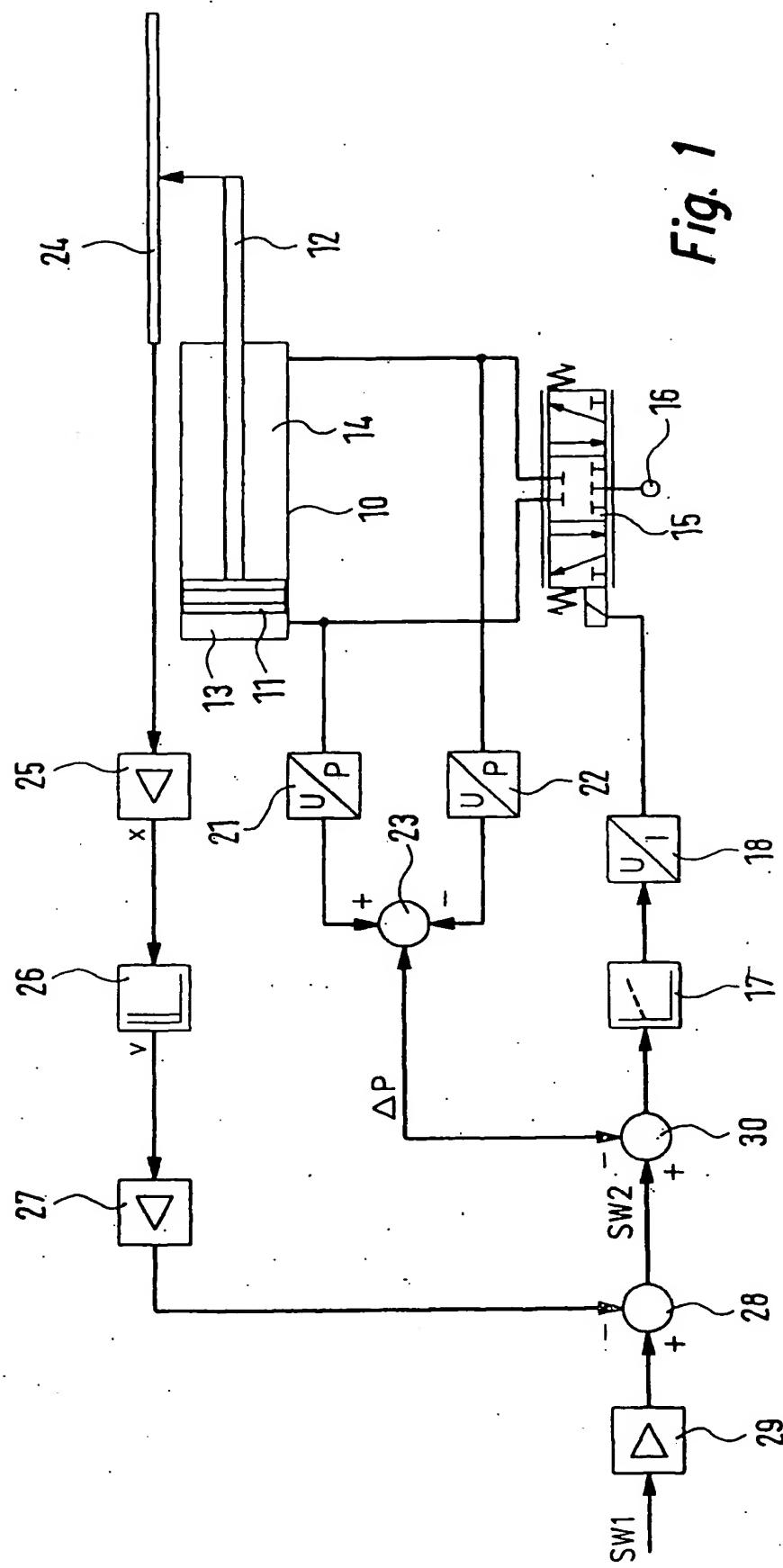
45

50

55

60

65



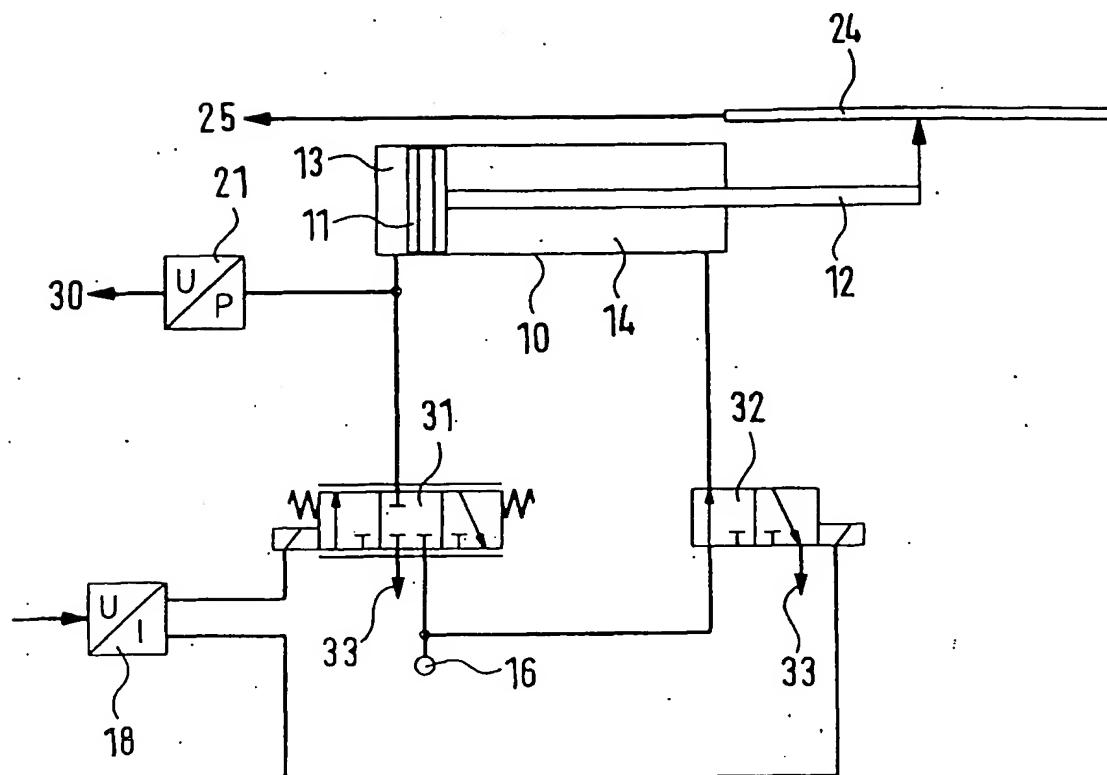


Fig. 2